

**NASKAH PUBLIKASI
TUGAS AKHIR**

**ANALISA FENOMENA *SPRINGBACK Tailor Welded Blank* (TWB)
stainless – besi Pada Proses U - *Bending***



Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Progam Studi Strata Satu
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :
Mustahfirin
NIM : D200 10 0011

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Naskah Publikasi yang berjudul **“Analisa Fenomena springback pada *Tailor Welded Blank* (TWB) stainless – besi Pada Proses U - Bending”**, telah disetujui dan disahkan oleh Pembimbing Tugas Akhir sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **Mustahfirin**

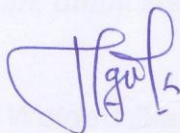
NIM : **D200 10 0011**

Disetujui pada :

Hari : Kamis

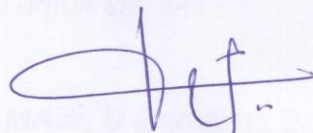
Tanggal : 04-02-2016

Pembimbing Utama



Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D

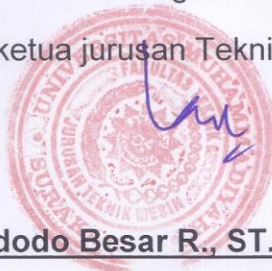
Pembimbing Pendamping



Supriyono, Ph.D

Mengtahui

ketua jurusan Teknik Mesin



Tri Widodo Besar R., ST., M.Sc., Ph.D

ANALISA FENOMENA *SPRINGBACK TAILOR WELDED BLANK* (TWB) STAINLESS – BESI PADA PROSES U - BENDING

Mustahfirin, Agus Dwi Anggono, Supriyono

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : firinunyil11@gmail.com

ABSTRAKSI

Tailored welded blanks adalah gabungan dari dua macam atau lebih lembaran metal dengan ketebalan (thickness) berbeda atau sama yang disambung dengan menggunakan las

Dalam pengelasan terdapat beberapa metode diantaranya SMAW oleh karena itu tujuan dalam penelitian ini untuk meneliti tentang pengaruh variasi bahan, terhadap fenomena spring back Dengan menggunakan pengujian U bending.

Metode penelitian ini tahap awal pembuatan sambungan las dengan standar AWS. Selanjutnya pengujian tarik menggunakan standar ASTM E-8. Pengujian springback menggunakan tool die set, sedangkan untuk mengetahui besar spring backnya menggunakan kertas mili meter blok dengan cara sebagai mal.

Dari hasil pengujian didapat nilai-nilai perbedaan dari setiap bahan yang digunakan untuk nilai kekuatan tarik spesimen, nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu pada variasi bahan besi - besi sebesar 40000 Mpa, dengan besar springback terbesar -1 mm untuk sisi kanan dan -2 mm untuk sisi kiri, sedangkan untuk variasi bahan stainless - stainless sebesar 55555,55 Mpa, dengan besar spring back -3 mm untuk sisi kanan dan -2 mm untuk sisi kiri, dan variasi bahan stainless - besi sebesar 44285,71 Mpa, dengan besar spring back -1,5 mm, untuk sisi kanan dan -3 mm untuk sisi kiri.

Kata kunci : *Tailor Welded Blank, Pengelasan SMAW, U Bending, Springback*

PHENOMENON ANALYSIS SPRINGBACK TAILOR WELDED BLANK (TWB) STAINLESS - IRON IN PROCESS U - BENDING

Mustahfirin, Agus Dwi Anggono, Supriyono

Mechanical Engineering University of Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol post I Pabelan, Kartasura

Email: firinunyi11@gmail.com

ABSTRACTION

Tailored welded blanks is a combination of two or more kinds of metal sheet with a thickness (thickness) is different or the same which are connected with the use of welding

In welding there are several methods including SMAW therefore of interest in this study to examine the effect of variations in materials, the phenomenon of spring back Using U-bending test.

This research method early stages of welding connection with AWS standards. Furthermore, using a tensile testing standard ASTM E-8. Testing springback using a die tool set, while to know the big spring backnya using paper mili meter block by way of a mall.

From the test results obtained difference values of each of the materials used for the value of the tensile strength of the specimen, the highest elasticity modulus value on the variation of ferrous materials - iron amounted to 40 000 MPa, with a greatest springback -1 mm to the right side and -2 mm to the side left, while for variations in steel material - steel amounted to 55555.55 MPa, with a large spring back to -3 mm -2 mm and a right side to the left side, and a variety of stainless materials - iron at 44285.71 MPa, with a large spring back - 1.5 mm, on the right side and -3 mm to the left side.

Keywords: Tailor Welded Blank, Welding SMAW, U Bending, Springback..

PENDAHULUAN

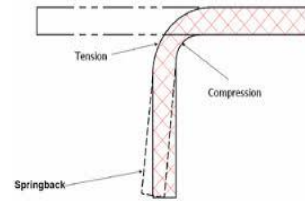
Latar Belakang

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu. Salah satu jenis las yang sering digunakan adalah pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Pada pengelasan SMAW elektroda memiliki peranan penting sebagai bahan penyambung antar dua logam yang akan dilas dan elektroda ini terdiri dari banyak ukuran, jenis dan dijual dalam berbagai macam merk. Agar mendapatkan hasil pengelasan yang baik maka elektroda yang digunakan harus disesuaikan dengan bahan yang akan dilas serta pemilihan parameter – parameter pengelasan yang tepat juga akan meningkatkan kualitas dari hasil pengelasan tersebut.

Saat proses pengelasan berlangsung, bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang akan menutupi logam cair berada pada sambungan kedua logam untuk mencegah terjadinya oksidasi. Beberapa bahan fluks tidak dapat terbakar, tetapi berubah menjadi gas yang juga menjadi pelindung dari logam cair terhadap oksidasi dan memantapkan busur.

Saat melakukan pengujian *U bending* Benda uji akan mengalami fenomena *springback*. Apa yang dimaksud fenomena *springback* merupakan gaya balik yang ditimbulkan akibat pengaruh elastisitas bahan plat yang mengalami proses pembentukan. Besarnya gaya balikan ditentukan oleh gaya modulus elastisitas bahan. Dalam proses pembungkukan ini harus

diperhatikan gaya balik atau *springback*. Biasanya akibat *springback* terjadi penyimpangan sudut pembungkukan yang dibentuk.



Gambar 1. penyimpangan sudut akibat gaya *spring back*

Springback sederhana dapat diperhatikan pada saat proses pembungkukan apabila diinginkan pembungkukan bending dengan sudut 90° ($<90^\circ$). Sehingga pada saat dilepas sepotong pembungkukan akan menghasilkan sudut pembungkukan sama dengan 90° . Proses *springback* pada proses pembentukan dengan bending. Besarnya perubahan dimensi pada hasil pembentukan setelah tekanan pembentukan ditiadakan merupakan sifat bahan logam yang memiliki elastisitas itu sendiri.

Perubahan ini terjadi akibat dari perubahan regangan yang dihasilkan oleh pemilhan elastis. Jika beban dihilangkan, regangan total akan berkurang disebabkan oleh terjadinya pemulihan elastis. Pemulihan elastik berarti pula balikan pegas, akan semakin besar jika tegangan luluh semakin tinggi, atau modulus elastik semakin rendah dan regangan plastisnya semakin besar.

Spring back dipengaruhi oleh:

- sheet metal* yang lebih keras mempunyai derajat *springback* yang lebih besar, karena titik elastis limit lebih tinggi sehingga *elastis bend* lebih lebar.
- Bending radius* yang lebih kecil akan mengurangi *springback* dengan membentuk daerah plastis

yang lebih luas, tetapi dapat menyebabkan keretakan (crack) karena gaya tarik pada radius bagian luar menjadi lebih tinggi.

- c. Bila sudut bending lebih besar, daerah plastis membesar dan *springback* menjadi kecil untuk setiap derajat bending tetapi, total *springback* menjadi lebih besar.

BATASAN MASALAH

Agar tidak mengalami perluasan pembahasan, diberikan batasan-batasan penelitian sebagai berikut :

1. Pengelasan terhadap plat *stainless*, dan besi
2. Proses SMAW kawat las yang digunakan E308L berdiameter 2,5 mm arus yang digunakan 60 – 150 Ampere, tegangan 20-30 volt, dengan pelindung flux
3. Posisi pengelasan dilakukan secara datar (1G) pada sambungan *butt joint*
4. Menghitung kekuatan hasil pengelasan dengan pengujian merusak (destructive test) yang meliputi : uji tarik dan bending.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perbedaan nilai kekuatan tarik spesimen pada setiap variasi bahan di dalam pengelasan SMAW.
2. Mengetahui besarnya jarak dan sudut *springback* pada benda uji.
3. Mengetahui pengaruh perbedaan variasi bahan terhadap fenomena *springback*.

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer

atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Mengelas menurut Alip (1989) adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya.

Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan.

Anggono dkk (2014) melakukan penelitian tentang fenomena *springback*. Analisis *software* eksplisit dinamis. digunakan untuk menguji U-lentur lembaran logam. Dengan memberikan parameter yang optimal, menghasilkan hasil yang baik bila dibandingkan dengan hasil eksperimen. Oleh karena itu, perangkat lunak dapat dianggap sebagai alat yang cocok untuk prediksi *springback* dalam proses logam. Pemeriksaan lebih lanjut dari perangkat lunak untuk simulasi model 3D dan disesuaikan dengan kemajuan las.

Sushanta dkk (2007) melakukan penelitian tentang Karakterisasi sifat tarik pengelasan baja dan sifat mampu bentuk dalam peregangan. Pembentukan struktur las telah diamati

pada sampel baja dengan las laser. Kekerasan di wilayah las adalah dua kali lipat dari material. Tes tarik longitudinal pada spesimen (dengan perbedaan karakteristik ketebalan dan permukaan) menunjukkan kekuatan hasil yang lebih tinggi dan kekuatan tarik utama namun presentasi elongasi rendah bila dibandingkan dengan logam induk. Dalam tes tarik melintang, ditemukan bahwa terjadi fraktur di material tipis bebas dari cacat tapi tidak di las.

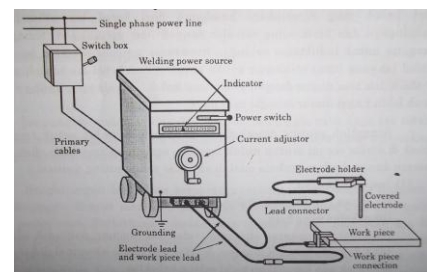
Membatasi ketinggian dengan las beda ketebalan jauh lebih rendah dibandingkan dengan lembaran tebal tapi sedikit lebih tinggi dari lembaran tipis. Dalam jenis pengelasan, fraktur terjadi pada sisi yang dilapisi karena gesekan yang lebih tinggi, tetapi jauh dari garis las. Dalam semua kasus, prediksi simulasi FEM dari batas-tinggi kubah cocok dengan nilai-nilai eksperimental. Simulasi diprediksi membatasi ketinggian kubah untuk lembaran dilapisi sedangkan sebaliknya telah diamati dalam percobaan. Hal ini bisa disebabkan menurunkan gesekan, tetapi pengaruh fase pada sifat mampu bentuk tidak tergabung dalam simulasi. Lokasi fraktur dan distribusi regangan juga telah diprediksi secara akurat dalam simulasi.

LANDASAN TEORI

Tailored welded blanks adalah gabungan dari dua macam atau lebih lebaran metal dengan ketebalan (thickness) berbeda atau sama yang disambung dengan menggunakan las. Tujuan penggunaan tailor welded adalah untuk mengoptimalkan penggunaan dies pada proses deep drawing sehingga dapat mempercepat produksi dan mengefisiensi biaya. Dikarenakan ketebalan plat yang tidak homogen, dimungkinkan produk hasil deep drawing akan terjadi cacat kerut

Las *SMAW* (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah proses pengelasan dimana sebuah elektroda berpelapis digunakan. Elektroda berpelapis terdiri dari logam inti dan fluks pelapis. Busur terbentuk antara elektroda dan benda kerja. Busur melelehkan elektroda dan benda kerja. Gas pelindung dari hasil pembakaran akan melindungi logam las dari kontaminasi oksigen dan nitrogen yang berada di udara bebas. Lelehan dari lapisan elektroda juga akan melindungi logam las dari kontaminasi.

Las *SMAW* digunakan dalam berbagai macam fabrikasi pengelasan karena kesederhanaan dan pengaplikasian untuk berbagai posisi pengelasan. *SMAW* digunakan secara luas dalam pengelasan baja, paduan nikel, paduan tembaga, dan jenis logam lainnya.



Gambar 2. Mesin Las *SMAW*. teknologi pengelasan:2011

Gambar 2. mengilustrasikan pengaturan dari alat *SMAW*. Peralatan *SMAW* terdiri dari satu daya pengelasan, pemegang elektroda, kabel ke benda kerja dan elektroda. Karakteristik dari satu daya las adalah dapat berupa jenis dopping atau jenis arus konstan.

Pada Hasil dari setiap bahan yang sudah sambung akan dicari nilai kekuatan tarik dan fenomena *springback*, apakah dari berbagai macam variasi bahan yang digunakan bisa mempengaruhi *springback* material setelah di uji *U bending*.

Fenomena *springback* merupakan gaya balik yang ditimbulkan akibat pengaruh elastisitas bahan plat yang mengalami proses pembentukan. Besarnya gaya balik ini ditentukan oleh gaya modulus elastisitas bahan. Dalam proses pembengkokan ini harus diperhatikan gaya balik atau *springback*. Biasanya akibat *springback* terjadi penyimpangan sudut pembengkokan yang dibentuk.

Perubahan ini terjadi akibat dari perubahan regangan yang dihasilkan oleh pemilhan elastik. Jika beban dihilangkan, regangan total akan berkurang disebabkan oleh terjadinya pemulihan elastik. Pemulihan elastik berarti pula balikan pegas, akan semakin besar jika tegangan luluh semakin tinggi, atau modulus elastis semakin rendah dan regangan plastisnya makin besar.

Teori elastisitas

Dalam sifat mekanik material sebagai ukuran untuk menahan gaya atau regangan, pada saat mendapat gaya struktur molekul berada dalam kondisi keseimbangan. Gaya luar pada proses penarikan, tekanan, pemotongan, penempaan, dan pembengkokan akan mengakibatkan material mengalami tegangan.

Suatu plat jika dikenai gaya eksternal maka plat akan mengalami deformasi. Pada beban eksternal yang tidak melampaui titik luluh, plat akan kembali ke bentuk semula jika beban dihilangkan. Fenomena ini dikenal dengan fenomena elastis. Plat tidak mengalami perubahan bentuk permanen karena disebabkan sifat elastis material.

Penambahan beban melebihi kekuatan luluh (*yield strength*) yang dimiliki material, mengakibatkan aliran

deformasi dan tidak akan kembali ke bentuk semula, atau material tersebut mengalami deformasi permanen.

Tegangan

Tegangan adalah tahanan material terhadap gaya luar atau beban. Definisi tegangan yang lain adalah besarnya gaya persatuan luas. Tegangan dibedakan menjadi dua macam yaitu tegangan normal dan tegangan geser.

Regangan

Regangan adalah perubahan ukuran atau bentuk material dari panjang awal sebagai hasil dari gaya pada bahan. Regangan bersifat linier pada daerah elastis dan berakhir pada titik luluh, dan bila telah berada pada daerah plastis maka sifat tidak lagi linier. Besarnya linier regangan adalah perpanjangan ($l - l_0$) material dibagi panjang awal (l_0). (Modelson, 1983).

Hubungan Tegangan Regangan

Pada proses pembentukan plat dengan dinding adalah memanfaatkan sifat plastisitas yang dimiliki bahan pada saat diberi gaya. Pada tahap pertama pembebanan plat akan mengalami fase elastis sampai pada titik luluh kemudian akan masuk pada fase plastis. Daerah elastis dan plastis dapat diamati pada diagram tegangan – regangan pada diagram terdapat hubungan linier antara tegangan yang sebanding dengan regangan yang dikenal dengan hukum hooke. Dan hukum hooke dapat dirumuskan hubungan tegangan – regangan pada persamaan sebagai berikut:

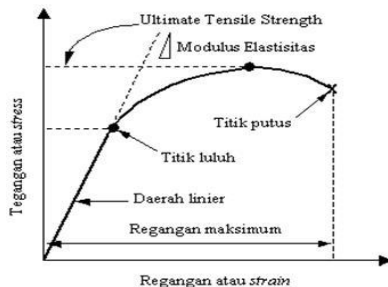
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana

:

σ = Tegangan

ϵ = Regangan



Gambar 3. diagram tegangan regangan

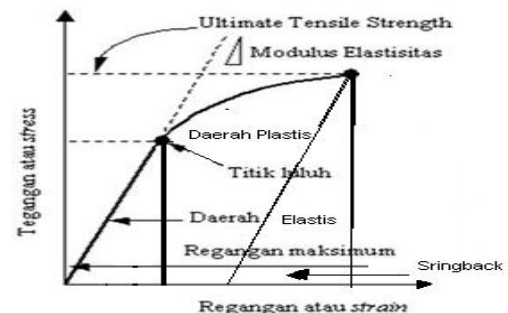
Garis lurus menunjukkan daerah elastis pada titik luluh sedangkan kurva diatas titik luluh merupakan daerah plastis dimana deformasi terjadi secara permanen.

Batas proporsional adalah tegangan tertinggi dimana material masih mengalami deformasi elastis dan belum mengalami deformasi plastis. Rasio antara tegangan terhadap regangan disebut modulus elastisitas yang menunjukkan kekakuan bahan terhadap beban tarik

Titik luluh (yield point) adalah daerah antara elastic dan plastis, pada daerah ini tegangan regangan sudah tidak linier dan material telah mengalami deformasi plastis. Kekuatan maksimum adalah tegangan maksimum yang diijinkan, yang dilakukan pada material agar tidak terjadi patah. Peningkatan beban diatas kekuatan maksimum tidak bisa dilakukan karena material telah mengalami deformasi total. Jika tetap diberikan beban regangan akan bertambah dimana material seakan menguat karena regangan tersebut atau dikenal dengan istilah penguatan regangan (strain hardening) kemudian material akan mengalami putus. (singer, 1995)

Teori SpringBack

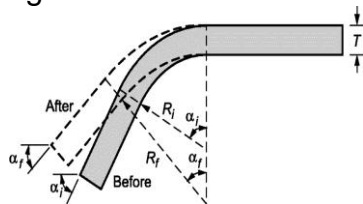
Springback adalah jumlah penyimpangan elastis suatu material yang harus dilalui sebelum menjadi bentuk tetap atau pembentukan (Suchy, 1998). Jumlah toleransi *elastis*, pada tingkatan tertentu ada pada tiap-tiap material, yang menjadikanya dapat dibentuk tergantung dari *modulus elastisitas* material. Jumlah *springback* meningkat ketika kekuatan luluh lebih besar atau dengan kecendrungan kekerasan material.



Gambar 4. diagram tegangan regangan pada Springback

ELASTIS dan PLASTIS jika sebuah benda diberi gaya, maka benda tersebut akan meregang (berdeformasi memanjang atau memendek), namun ketika gaya tersebut di hilangkan, maka benda tersebut akan kembali ke bentuk semula (seperti sebelum di beri gaya). Keadaan ini disebut sebagai keadaan elasis, yaitu suatu keadaan dimana benda kembali Dari bentuk deformasinya ketika beban atau gaya yang bekerja pada benda tersebut dihilangkan. Namun ada suatu keadaan dimana jika gaya atau beban yang bekerja pada benda tersebut ditambah besarnya, benda tersebut tidak bias kembali ke bentuk semula atau kebalik seperti sebelum benda tersebut berdeformasi. Keadaan ini disebut sebagai keadaan plastis.

Pada proses penekukan plat akan menghasilkan deformasi plastis pada saat bending dihilangkan, akan terjadi perubahan bentuk dan penyimpangan terhadap permukaan *die* yang digunakan untuk penekan, hal ini disebabkan karena plat memiliki sifat elastis sehingga sebagian deformasi akan sedikit kembali ketitik tertentu. Penyimpangan bentuk dan ukuran karena sifat elastisitas bahan sering juga disebut dengan istilah *springback*, atau regangan elastis sisa pada saat bending dihilangkan yang menyebabkan penyimpangan bentuk pada *sheet metal* terhadap bentuk *die* yang diinginkan.

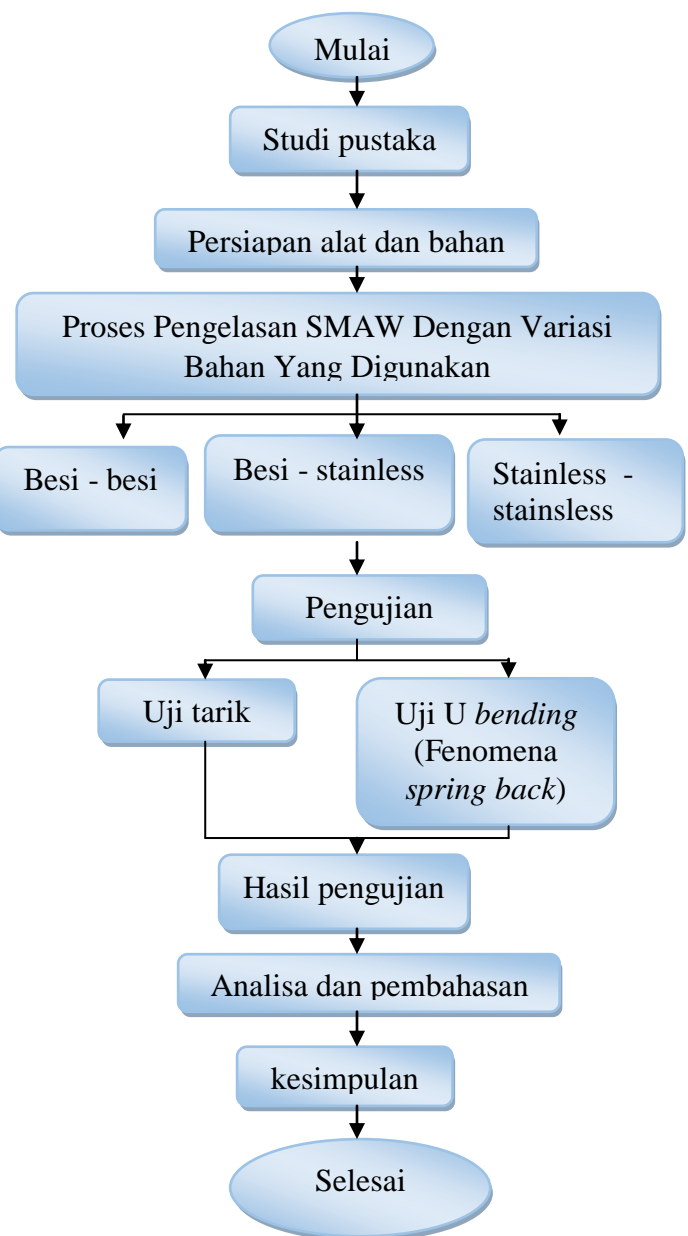


Gambar 5. *springback*

Springback selalu terjadi pada saat proses bending untuk itu perlu di perhatikan karena karena pengaruhnya sangat krusial terhadap perubahan bentuk dan ukuran pada produk akhir yang dihasilkan. *Springback* dapat diamati pada proses bending dimana sudut bending pada saat bending dilepas (setelah terjadi *springback*) akan lebih kecil dibandingkan dengan sudut bending. *Springback* tidak hanya terjadi pada plat tipis atau datar tetapi juga pada bentuk pejal, kawat batang dengan luas area tertentu,serta pada pipa. Hubungan antara besar sudut bending dengan radius bending dapat diukur pada panjang busur yang dihasilkan pada daerah yang mengalami bending.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir penelitian



Gambar 6. Diagram alir penelitian

Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Alat ukur (penggaris, jangka sorong, busur)
- Mesin las SMAW, yang berada di INLASTEK (Institut teknologi

pengelasan) yang bertempat di pajang, laweyan, solo

- Gerinda (wipro) laboratorium teknik mesin ums
- Kikir (laboratorium teknik mesin ums)
- Dies (laboratorium teknik mesin ums)
- Alat pres hidrolik (laboratorium teknik mesin ums)
- Satu set Mesin uji tarik (laboratorium balai besar latihan kerja industri surakarta)

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah stainless dan Besi dengan tebal 3 mm

Pembuatan spesimen

Dalam pembuatan specimen ini kami telah menyiapkan plat logam dengan jenis mild steel dan stainless dengan tebal 3 mm. proses selanjutnya pemotongan lembaran plat menjadi beberapa bagian menggunakan grinda potong. Setelah pemotongan logam plat selanjutnya masuk ke proses pengelasan, mesin las yang dipakai dalam penelitian ini adalah mesin las SMAW.



Gambar 7 Mesin las SMAW INLASTEK (Institut teknologi pengelasan)

Proses SMAW kawat las yang digunakan E7016 berdiameter 2,6 mm, arus yang digunakan antara 60-150

Amper, tegangan 20-30 volt, dengan pelindung flux. Posisi pengelasan menggunakan 1G (*down hand*)

Hasil dari setiap pengelasan



Gambar 8 Hasil Pengelasan SMAW (Besi – besi)

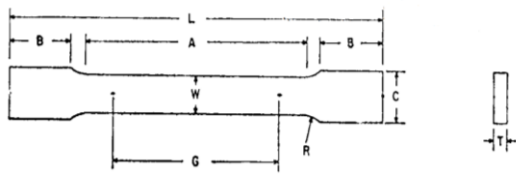


Gambar 9 Hasil Pengelasan SMAW (Besi – stainless)



Gambar 10 Hasil Pengelasan SMAW (Stainless – stainless)

Pemotongan spesimen disesuaikan dengan standart, standar uji yang di pakai dalam pengujian tarik dan bending ASTM E 8 M.



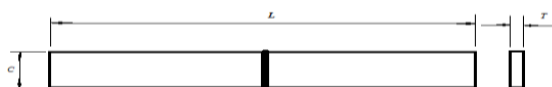
L	C	W	G	A	R	T
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
200	20	12,5	50	82	12,5	3

Gambar 11. Dimensi spesimen uji tarik

Pembuatan spesimen uji tarik membuat ukuran dengan alat ukur, kemudian memotong dan membuat profil seperti gambar 10 menggunakan mesin grinda dan kikir



Gambar 12. spesimen uji tarik



L (mm)	C (mm)	T (mm)
200	150	3

Gambar 13. Dimensi specimen uji U bending



Gambar 14. Specimen uji U bending

Pengujian Uji tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari sambungan las yang akan diuji. Alat uji tarik yang Satu set Mesin uji tarik (laboraturium balai besar latihan kerja industri surakarta). Pengujian tarik dengan standart ASTM E 8. Langkah-langkah pengujian tarik sebagai berikut :

1. Mesin uji tarik harus menunjukkan indikator nol.
2. Memasang benda uji tarik pada alat pencekam dengan cara dijepit tepat pada pegangan atas dan bawah spesimen uji tarik tersebut.
3. Mencetak hasil uji tarik yang berupa data pengujian dari komputer.
4. Lakukan sebanyak 3 kali pengujian dengan variasi sambungan las yang berbeda.
5. Analisa pengujian tarik menggunakan standart deviation.

Uji U bending

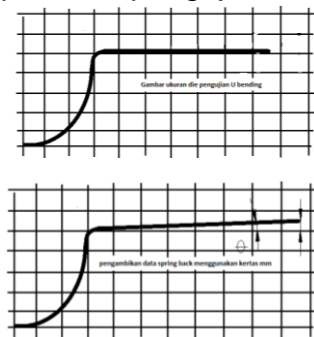
Pengujian bending *Tool die set* merupakan alat pendukung utama dalam pengujian U Bending, karena die merupakan cetakan awal untuk menentukan seperti apa plat akan di bentuk Langkah-langkah pengujian U bending yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Meletakkan *tool die set* di bagian penekan *hydraulic*.
2. Masukkan plat spesimen pada pada *tool die set*, kemudian atur posisi plat tepat pada posisi tengah antara kanan dan kiri seimbang untuk mendapatkan bending yang sesuai. Supaya didapatkan hasil *spring back* yang sama antara kedua sisi.
3. Memberikan tekanan pada bagian atas penekan *tool die set* menggunakan alat *hydraulic*.
4. Setelah selesai memberikan tekanan pada *tool die set* kemudian plat spesimen di keluarkan dengan cara melepas seluruh baut *tool die set*.
5. Mengukur jarak dan sudut *spring back* dengan menggunakan busur dan kertas mili meter.

Pengukuran *springback*

Pengukuran *springback* diilustrasikan seperti gambar 14, dengan cara-cara sebagai berikut:

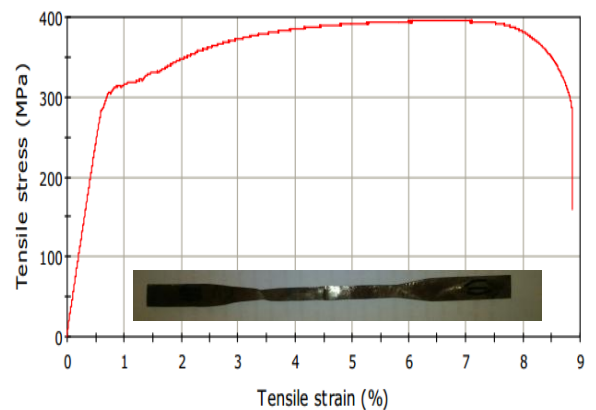
1. menggambar ukuran die pada kertas mili meter.
2. Menggambar spesimen uji U bending pada kertas mili meter.
3. Pengambilan data dengan Mengukur sudut dan jarak *spring back* spesimen uji dengan cara membandingkan ukuran die dengan plat spesimen pengujian U bending.



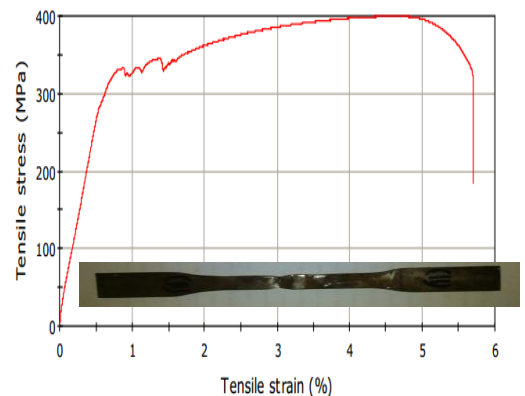
Gambar 15 gambar pengambilan data *spring back*

HASIL DAN PEMBAHASAN

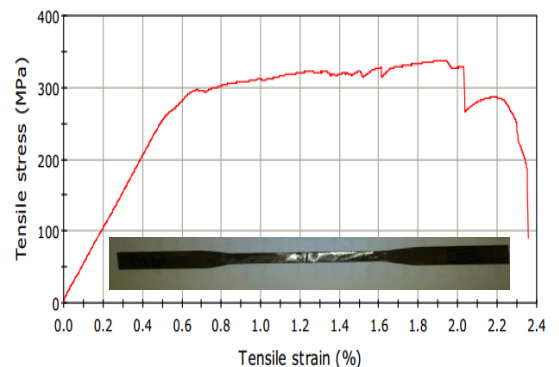
Uji tarik



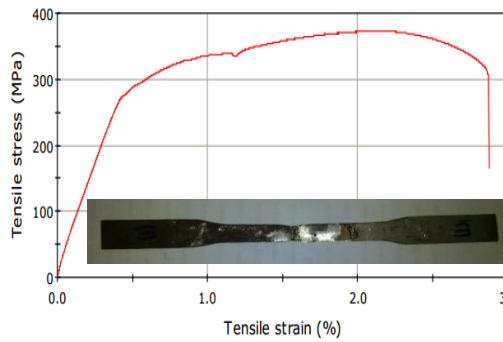
Gambar 16 Grafik hasil uji tarik spesimen 1 (Besi – Besi)



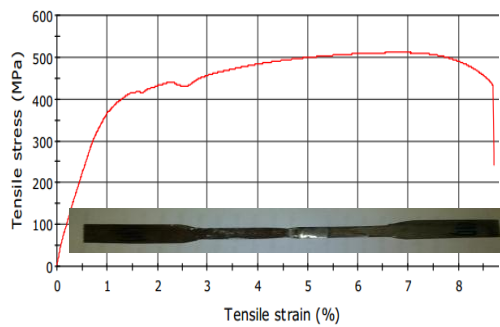
Gambar 17 Grafik hasil uji tarik spesimen 2 (Besi – Besi)



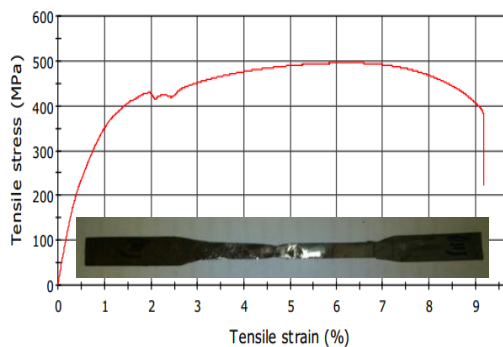
Gambar 18 Grafik hasil uji tarik spesimen 3 (Besi – Besi)



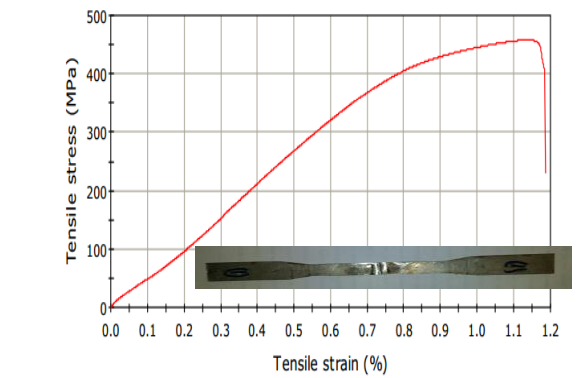
Gambar 19 Grafik hasil uji tarik spesimen 1 (Stainless – Besi)



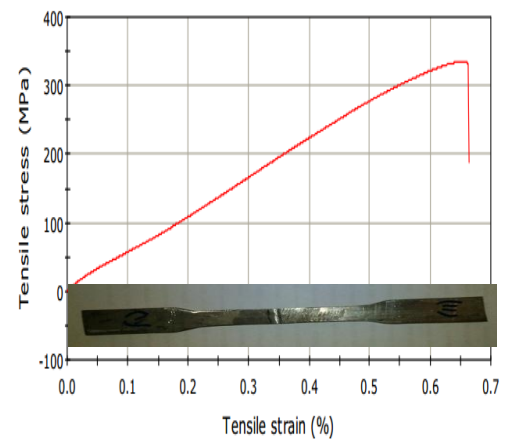
Gambar 20 Grafik hasil uji tarik spesimen 2 (Stainless – Besi)



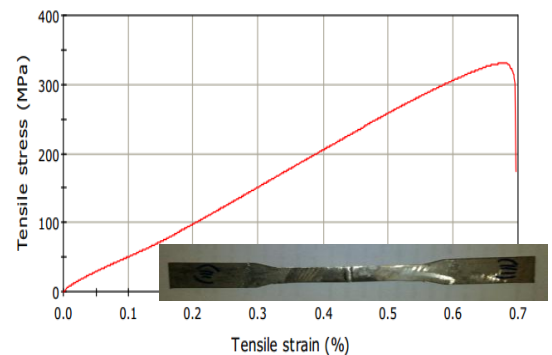
Gambar 21 Grafik hasil uji tarik spesimen 3 (Stainless – Besi)



Gambar 22 Grafik hasil uji tarik spesimen 1 (Stainless – Stainless)



Gambar 23 Grafik hasil uji tarik spesimen 2 (Stainless – Stainless)



Gambar 24 Grafik hasil uji tarik spesimen 3 (Stainless – Stainless)

Table 1. Hasil pengujian tarik

N o	variasi bahan	Tegangan Tarik (mpa)	Regangan (%)
1	BESI – BESI	395,32	8,86
2		399,64	5,70
3		337,68	2,36
1	STAINL ESS – STAINL ESS	458,11	1,19
2		334,75	0,67
3		330,80	0,70
1	STAINL ESS – BESI	372,28	2,87
2		526,35	8,85
3		498,92	9,20

Analisis Pengujian Tarik

Analisis hasil pengujian tarik pada pengelasan SMAW dengan variasi bahan dapat dilihat pada gambar diatas. Dapat kita ketahui nilai elastisitasnya dengan menggunakan rumus :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{320}{0,008}$$

$$= 40000 \text{ Mpa}$$

Tabel 2 Hasil *elastisitas* (Besi – Besi)

Spesimen	<i>Elastisitas</i> (Mpa)	Tegangan maksimum (Mpa)
1	40000	395,32
2	37777,77	399.64
3	37500	337,68

Dari hasil pengujian variasi bahan besi - besi didapatkan nilai *elastisitas* tertinggi pada spesimen 1 dengan nilai 40000 Mpa dengan tegangan maksimum 395,32 Mpa

Tabel 3 Hasil *elastisitas* (Stainless – Besi)

Spesimen	<i>Elastisitas</i> (Mpa)	Tegangan maksimum (Mpa)
1	44285,71	372,80
2	2562,50	528,30
3	23421,05	493,45

Dari hasil pengujian variasi bahan stainless - besi didapatkan nilai *elastisitas* tertinggi pada spesimen 1 dengan nilai 44285,71 Mpa dengan tegangan maksimum 528,30 Mpa

Spesimen	<i>Elastisitas</i> (Mpa)	Tegangan maksimum (Mpa)
1	47000	458,11
2	55555,55	334,75
3	51724,13	330,80

Dari hasil pengujian variasi bahan stainless - stainless didapatkan nilai *elastisitas* tertinggi pada spesimen 2 dengan nilai 55555,55 Mpa dengan tegangan maksimum 458,11 Mpa

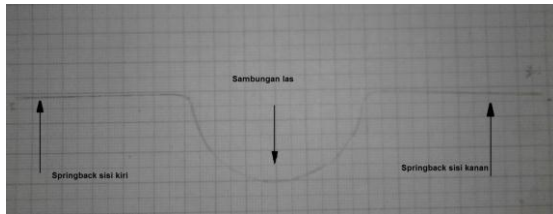
Analisis Nilai Pengujian Tarik

1. Grafik hubungan antara tegangan tarik dengan variasi bahan, kekuatan tarik tertinggi didapat pada bahan stainless - besi sebesar 528,30 Mpa.
2. Grafik hubungan antara Regangan dengan variasi bahan menunjukkan bahwa bahan Stainless - besi memiliki regangan terbesar yaitu sebesar 9,20%.
3. Hasil nilai *Modulus Elastisitas* dengan variasi bahan menunjukkan tingkat kekakuan (*stiffness*) atau ketahanan terhadap deformasi elastis, semakin besar *modulus elastisitasnya* maka tingkat kekakuannya semakin tinggi. Nilai

modulus elastisitas terbesar pada variasi bahan stainless – stainless sebesar 55555,55 Mpa,

Uji U bending

Pengujian U bending dilakukan untuk mencari fenomena spring back yang terjadi pada spesimen. pengambilan data dilakukan dari gambar berikut.



Gambar 25. Hasil pengujian U bending
Pengambilan data di lakukan secara manual menggunakan mili meter blok, pengukuran di bagi menjadi dua bagian kiri dan kanan. Bila *spring back* yang terjadi pada ujung spesimen berada di atas die maka nilai yang di ambil positif (+), kemudian bila *spring back* pada sudut spesimen berada di bawah die di nilainya dinyatakan negatif (-) Pengukuran sudut menggunakan alat bantu busur, sedangkan untuk mencari jarak *spring back* menggunakan blok kertas mili meter dan mistar.

Hasil dari pengujian U bending secara kasat mata spring back yang terjadi tidak begitu terlihat jelas, setelah dilakukan pengukuran secara manual menggunakan kertas blok mili meter didapatkan hasil sebagai berikut:

Table 5. Hasil pengujian U bending

Variasi bahan Besi – Besi			
Bagian Spesimen	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
Kanan	SB: 0°	SB: 0°	SB: 0,5°
	0,5 mm	0 mm	-1 mm
Kiri	SB: 0°	SB: 0°	SB: -2°
	-0,5 mm	0 mm	-2 mm
Variasi bahan Stainless – Stainless			
Bagian Spesimen	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
Kanan	SB: -2°	SB: -2°	SB: -3°
	-2 mm	-2 mm	-3 mm
Kiri	SB: -2°	SB: 1°	SB: 1°
	-2mm	-1 mm	0,5 mm
Variasi bahan Stainless – Besi			
Bagian Spesimen	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
Stainless	SB: -1°	SB: -1,5°	SB: -1,5°
	-1,5 mm	-1,5 mm	-1 mm
Besi	SB: -2°	SB: 0°	SB: -0,5°
	-3 mm	0 mm	-1 mm

Dari data pengukuran spesimen setelah uji U bending dapat dilihat adanya fenomena *springback* yang mana besarnya koefisien dapat dihitung menggunakan rumus:

$$K = \frac{\alpha_f}{\alpha_i}$$

$$K = \frac{0^\circ + 90^\circ}{90^\circ}$$

$$= 1$$

Tabel 6 Nilai koefisien *springback* (besi – besi)

Spesimen	Sudut (°)		Koefisien <i>Springback</i>	
	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri
1	0	0	1	1
2	0	0	1	1
3	0,5	-2	1,006	0,978

Dari hasil perhitungan nilai koefisien *springback* didapatkan nilai koefisien tertinggi pada sebelah kiri pada spesimen 1 dengan nilai 1 sedangkan nilai koefisien tertinggi pada sebelah kanan terjadi pada spesimen 3 dengan nilai 1,006.

Tabel 7 Nilai koefisien *springback* (stainless – stainless)

Spesimen	Sudut (°)		Koefisien <i>Springback</i>	
	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri
1	-2	-2	0,978	0,978
2	-2	-1	0,978	0,989
3	-3	0,5	0,967	1,006

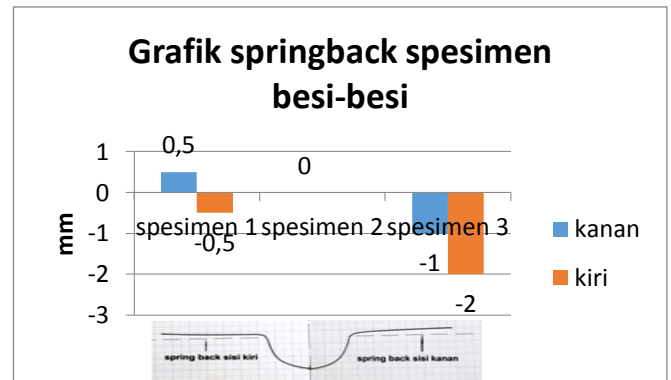
Dari hasil perhitungan nilai koefisien *springback* didapatkan nilai koefisien tertinggi pada sebelah kiri pada spesimen 3 dengan nilai 1,006 sedangkan nilai koefisien tertinggi pada sebelah kanan terjadi pada spesimen 1 dengan nilai 0,967.

Tabel 8 Nilai koefisien *springback* (stainless – besi)

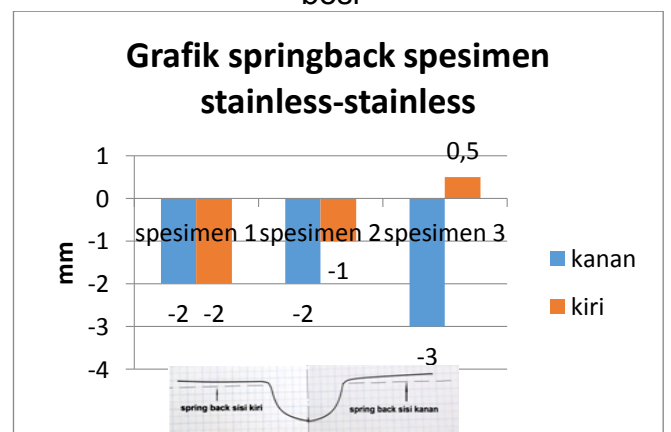
Spesimen	Sudut (°)		Koefisien <i>Springback</i>	
	Kanan	Kiri	stainless	Besi
1	-1	-3	0,989	0,967
2	-1,5	0	0,983	1,000
3	-1	-1	0,989	0,989

Dari hasil perhitungan nilai koefisien *springback* didapatkan nilai

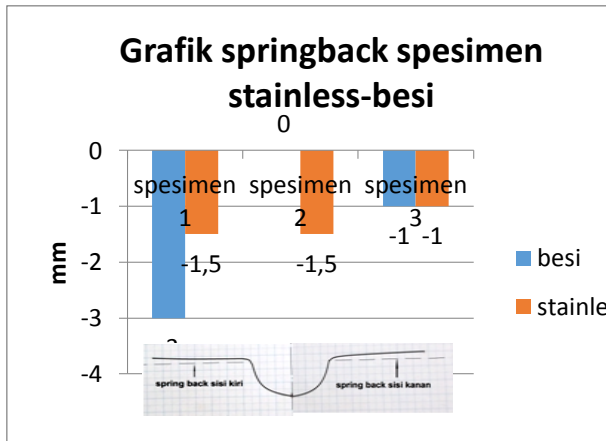
koefisien tertinggi pada sisi stainless pada spesimen 1 dengan nilai 0,938 sedangkan nilai koefisien tertinggi pada sisi besi terjadi pada spesimen 2 dengan nilai 1.



Gambar 26 Grafik menunjukkan nilai *springback* spesimen besi-besi



Gambar 27 Grafik menunjukkan nilai *springback* spesimen stainless-stainless



Gambar 28 Grafik menunjukkan nilai *springback* spesimen stainless-besi

Tabel 9 Rata-rata nilai *springback* menurut variasi bahan

Spesimen	Kiri	Kanan
besi-besi	-0,833	-0,167
stainless-stainless	-0,833	-2,333
stainless-besi	-1,333	-1,333

Pengambilan data di lakukan secara manual menggunakan mili meter blok, pengukuran di bagi menjadi dua bagian kiri dan kanan. Bila *springback* yang terjadi pada ujung spesimen berada di atas *die* maka nilai yang di ambil positif (+), kemudian bila *springback* pada sudut spesimen berada di bawah *die* di nilainya dinyatakan negatif (-) Pengukuran sudut menggunakan alat bantu busur, sedangkan untuk mencari jarak *springback* menggunakan blok kertas mili meter dan mistar. Dari penelitian ini kita bisa menganalisa fenomena yang terjadi:

1. Dalam penelitian ini *springback* yang terjadi pada spesimen tidak merata dan tidak sama di karenakan masing-masing spesimen memiliki variasi bahan yang berbeda.

2. Aliran plat spesimen tidak merata mengakibatkan letak sambungan las bergeser tidak tepat pada tengah spesimen. Bergesernya sambungan las dikarenakan *die* tidak menggunakan *BHF* (*Blank Holder Force*) atau pengunci spesimen agar saat spesimen di beri tekanan spesimen memiliki kesamaan tarikan pada sisi sebelah kanan dan kiri.

Pengaruh Variasi Bahan Terhadap Fenomena *SpringBack*

Pada penelitian ini akan mengaitkan variasi bahan dengan fenomena *spring back*, telah dilakukan pengujian seperti di atas. Beberapa pengaruh pengelasan terhadap *spring back*.

1. Dari hasil pengujian tarik variasi bahan besi - besi memiliki nilai *elastisitas* tertinggi sebesar 40000 *Mpa*, sedangkan pengujian *springback* variasi bahan besi - besi memiliki nilai rata-rata *springback* - 0,833 untuk sisi sebelah kiri dan - 0,167 untuk sisi sebelah kanan.
2. Dari hasil pengujian tarik variasi bahan stainless - stainless memiliki nilai *elastisitas* tertinggi sebesar 55555,55 *Mpa*, sedangkan pengujian *springback* variasi bahan stainless - stainless memiliki nilai rata-rata *springback* -0,833 untuk sisi sebelah kiri dan -2,333 untuk sisi sebelah kanan.
3. Dari hasil pengujian tarik variasi bahan stainless - besi memiliki nilai *elastisitas* tertinggi sebesar 44285,71 *Mpa*, sedangkan pengujian *springback* variasi bahan stainless - besi memiliki nilai rata-rata *springback* -1,333 untuk sisi sebelah kiri (stainless) dan -1,333 untuk sisi sebelah kanan (besi).
4. Dari kekuatan sambungan dari setiap variasi bahan saat dilakukan

pengujian U *bending* tidak terjadi kerusakan dan sambungan masih dalam keadaan baik. Dikarenakan titik pengelasan yang terkena bending merupakan bagian tengah dari panjang bending.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian Analisa fenomena *springback* pada *taylor welded blank* (besi-besi, stainless-stainless, stainless-besi) dengan metode pengelasan SMAW dengan tebal 3 mm, maka dapat di tarik kesimpulan:

1. perbedaan nilai kekuatan tarik spesimen pada setiap variasi bahan yang digunakan, nilai *modulus elastisitas* tertinggi yaitu pada variasi bahan besi-besi sebesar 40000 Mpa, sedangkan untuk variasi stainless-stainless sebesar 55555,55 Mpa, dan pada variasi bahan stainless-besi sebesar 44285,71 Mpa.
2. Besarnya jarak *springback* pada variasi bahan besi-besi terbesar yaitu -1 mm untuk sisi kanan dan -2 mm untuk sisi kiri sedangkan sudut terbesar yaitu 0,5° untuk sisi kanan dan -2° untuk sisi kiri. Besarnya jarak *springback* pada variasi bahan stainless-stainless terbesar yaitu -3 mm untuk sisi kanan dan -2 mm untuk sisi kiri sedangkan sudut terbesar yaitu -3° untuk sisi kanan dan -2° untuk sisi kiri. Besarnya jarak *springback* pada variasi bahan stainless-besi terbesar yaitu -1,5 mm, untuk sisi kanan dan -3 mm untuk sisi kiri sedangkan sudut terbesar yaitu -1,5° untuk sisi kanan dan -3° untuk sisi kiri.
3. Nilai *springback* pada setiap variasi pengelasan tidak ada yang sama, sedangkan *springback* untuk variasi bahan stainless-stainless

cenderung lebih besar dari bahan lainnya dengan sudut *springback* cenderung lebih besar pula, hal ini dikarenakan nilai *elastisitas* untuk variasi bahan stainless-stainless yang cenderung lebih besar. Dimana semakin tinggi nilai modulus elastisitas bahan maka semakin tinggi pula nilai *springback*nya.

Saran

Setelah dilakukan penelitian dan hasil pembahasan tentang pengaruh pengelasan terhadap fenomena *springback* di dapatkan saran yang nantinya dapat di maksimalkan oleh peneliti selanjutnya sehingga muncul inovasi baru, beberapa saran pada penelitian ini diantaranya :

1. Untuk mendapatkan nilai *springback* yang signifikan dengan variasi bahan, pada saat proses *bending* titik pengelasan diletakkan pada sudut bending sehingga *springback* yang terjadi terletak tepat pada sambungan plat.
2. Untuk penelitian - penelitian mendatang hendaknya pengukuran *springback* menggunakan alat ukur digital, sehingga data yang diperoleh lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Alip, M., 1989, *Teori dan Praktik Las*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Agus Dwi Anggono¹, a, Tri Widodo Besar Riyadi^{2,b}, Waluyo Adi Siswanto^{3,c},
Dynamic Explicit Finite Element Code for U-Bending Simulation and Springback Prediction, *Applied Mechanics and Materials* Vol. 660 (2014) pp 337-341.

Journal of Materials Processing Technology 183 (2007) 321–332, *Characterization of tensile properties of tailor welded if steel sheets and their formability in stretch forming* sushanta kumar panda a, d. ravi kumara*, harish kumarb, A.K. nath^b

Journal of Materials Processing Technology 133 (2003) 128–133, *Deep drawing of tailored blanks without a blankholder* Z. Kampus, J. Balic. Balicb, aFaculty Teknik Mesin, Universitas Ljubljana, Askerceva 6, SI-1000 Ljubljana, Slovenia.

Budi Agung K, ST, M.Sc, Ir. Rochman Rochiem, Kusmayadi, M.Sc, ANALISA HASIL PENGELASAN SMAW BUTT JOINT PADA BAJA AISI 1020 DENGAN VARIASI TEBAL PLAT